

コンクリート

—昭和29年10月27日、虎ノ門共済会館において講演—

正員 工学博士 吉田 徳次郎*

APPARENT CONTRADICTIONS IN THE CONCRETE ENGINEERING

(JSCE Dec. 1954)

Dr. Eng., Tokujirō Yoshida, C.E. Member

Synopsis The present author briefly describes, in this paper, the historical changes with respect to various items such as cement, an entraining agent, fly ash, aggregate, proportion, mixing of concrete, concrete placing, curing, mould, surface finishing, concrete pavement, dam, special concrete, repair of concrete, making of uniform concrete, supervision and test at job site, and the property of concrete. He also explains about the way of thinking regarding them at present time.

On the other hand, it seems to us that there has been, generally speaking, little change in the concrete engineering, comparing with that in other matters with which human beings are related.

Looking back the historical changes in the past, there seems to be many apparent contradictions, but this is because of the imperfection of our knowledge. There are still many things which depend on the future improvement of material as much as on our knowledge, and it is important to attempt to apply the knowledge we have obtained to the practice. At the same time, the judgement based on the cultural science, which is the foundation of applying the knowledge to the practice, cannot be underestimated.

I. 緒言

土木学会の40周年の記念日にあたり、この40年間におけるコンクリート技術の移り変りについて述べて、若い会員諸兄の将来の道しるべに致したいと思う。

II コンクリート技術の移り変り

(1) セメント ポルトランドセメントの規格には、“ポルトランドセメントにはセッコウ以外の物質を混ぜてはならない”とあるが、AE剤を混ぜたAEポルトランドセメントもU.S.A.で用いられている。

各種の用途に応ずるためにポルトランドセメントの種類がだんだんふえる傾向にあり、ダム用のセメントとして低熱ポルトランドセメントが用いられていたが、最近U.S.A.では、従来あつた低熱セメントの規格をのぞいた。

現在は、土木工事に用いるセメントは、一般に、中庸熱ポルトランドセメントが最適であると考えられる人が多いように思われる。そして、耐久性の大きいポルトランドセメントとしてアルカリの含有量を制限することも必要になつてきた。

現今、日本の普通ポルトランドセメントの材令



28日における強度は相当高い。しかし、材令28日までで高強度のセメントの耐久性については、疑いがある。よつて、材令28日の強度は今日ほど高くなくてもいいから、耐久性の大きいセメントが造られることが、われわれの希望になつている。従つて粉末度が高いセメントが高く評価された時代はすぎて、粉末度の制限が必要だと考えられるようになつてきた。

セメントの包装はたるから麻袋、紙袋、となり、ビニールの袋も登場している。袋を用いないばらセメントの使用が盛んになつており、コンクリートを用いるのにセメントを買わずにコンクリートを買うレデーミックスドコンクリートが発達している。

昔、セメントだるをいろいろなものに用いたが、今はセメントだるを知らない人が多い。たるという漢字は当用漢字にない。進歩したのであろうか退歩したのであろうか。

セメント袋に出荷年月が記載してあれば、新しいセメントを用いるため、セメントの使用者には便利であるが、製造者には不利である。それでセメント袋に日付をつけることは、今日まだ実現していない。

* 前会長、九州大学名誉教授、日本学士院会員

新しいセメントを用いることは大切であるが、あまり新しい熱いセメントは困る。それで、セメントを冷やしてからセメントを出荷できる設備のある工場もできている。

40年前、普通に用いられた単位セメント量は230～330kgで、貧配合といつても富配合といつても単位セメント量が100kgくらいの差であつたが、現在は、現場管理のごくいいダムコンクリートの場合の130kgくらいからプレストレストコンクリートの場合の450kgくらいまで、320kgも範囲が広くなつている。

約40年前にセメント1kgのねだんは4.7銭くらい、米は約1升7銭くらいであつた。それで、セメント1kgのねだんは、米1升のねだんの1/1.5であつた。現在はセメント1kgが8円くらい、米1升が90円くらいで、セメント1kgのねだんは、米1升のねだんの約1.11である。しかも、今日のセメントの圧縮強度は40年前の圧縮強度の2.5倍以上になつている。

(2) AE剤およびセメント分散剤 約30年前に真空ミキサが発明され、ミキサ内の空気を追い出して、練り混ぜの際にコンクリート中に空気が混入するのを防いだことがあるが、現在はAE剤を用いて空気を混入する時代になつている。

コンクリート中における空げきがコンクリートの強度を弱くし耐久性を少なくすることはたしかである。セメントの硬化に必要である以上の水は空げきとなるから、単位水量を多くすれば、空げきが増し、強度も耐久性も小さくなる。

混入された空気は空げきになる。よつて、空気が混入されれば、強度も耐久性も小さくなるはずである。しかるに3～5%の空気を入れたAEコンクリートは、非常に耐久性が大きいばかりでなく、貧配合には、同じウオーカビリチーにたいして強度もいくぶん大きくなる。

AEコンクリートは凍結融解作用にたいして、耐久的なコンクリートを造るために発達したが、今日日本では、主として、ウオーカビリチーをよくするために用いられている。ローマ人は1000年以上もまえにコンクリートに牛乳や豚の血を入れてウオーカビリチーをよくしたのであるが、最近10年、再びAE剤を入れてウオーカビリチーをよくすることになつたのである。

ポゾリスのようなセメント分散剤が最近日本でも大分用いられるようになった。セメントを分散するとコンクリートの練り混ぜの際に空気が混入される。

AEコンクリートの時代でなかつたら分散剤は今日のように発達しなかつたのではなからうか。

(3) フライアッシュ フライアッシュがよい混和材であることは大分まえからわかつていたが、日本では、1～2年まえからようやく用いられるようになった。

微粉炭をたくかまから出るフライアッシュは付近の住民を苦しめた。それで、金をかけてこれを集め、金をかけてこれをすてていたのである。

(4) 骨材 骨材は、一般に、セメントまたは水と化学作用をおこさないものと定義されている。しかし、アルカリ骨材反応をおこす骨材もある。よつて、骨材の定義を改めなければならぬ時代もくるかと考えられる。

アルカリ骨材反応をおこす骨材はコンクリートのひどい分壊腐食をおこすが、化学反応をおこすある種の骨材は有効である。

骨材の粒度はコンクリートの発達の初期から問題となり、今日でもなお問題になつているが、大体についていけば所要の品質のコンクリートを最も経済的に造るに適する粒度が最適であるとされている。

均等質のコンクリートを造る上からいうと、コンクリートの粒度そのものよりも粒度の均等性の方がもつと大切である。

均等質のコンクリートを造るためにある粒度の骨材を除いたものがよいと主張する人もあり、均等に变化する粒度がよいと主張する人もある。場合によるようである。

細骨材における微粒はよくないとされた時代もあつたが、今日は、微粒は必要であるとされている。

砂の微粒が風で吹き飛ばされると、AEコンクリートを造るときにことに困難がおこる。乾いた砂を用いるときに風にたいしておおいをしておく必要のあるゆえんである。

粒度の均等な粗骨材が使用できるために、ダムのような場合には、バッチャーのビンのところで再びふるい分けを行うまでに進んできた。

耐火的のコンクリートを造るために石灰石の粗骨材を用いてはならないと規定した時代もあり、石灰石程度の熱膨脹係数をもつ粗骨材を用いなければならぬと規定した時代もあつたが、現在は、粗骨材の性質について注意を払えばどんな粗骨材でも使用できるようになつている。

(5) 配合 コンクリートの配合を1:3:6とか1:2:4とか、セメントと骨材との比で示すことは今も用いられている。しかし、強度および耐久性の大

きいコンクリートを造るには、単位セメント量を大きくすればよいということもほんとうであり、単位セメント量をできるだけ少なくすればよいということもほんとうである。どちらもほんとうであり、また、うそである。単位セメント量だけをもととして配合をきめようとすると このむじゆんにひつかかる。

単位セメント量が一定である場合、品質のいいコンクリートを造るためには 単位水量を少なくしなければならないことは、昔、ローマ人がすでに知っていた。そして、今から 40 年くらいまえまで かた練りコンクリートの使用に努力していた。1905~1910 年から良質のポルトランド セメントが造られるようになったので、やわ練りコンクリートの時代が始まり、1918 年に発表された 水セメント法則が一般に認められるようになるまでつづいた。

水セメント比法則が普及するようになって、プラスチックでウオーカブルなコンクリートの時代がきた。それは、水セメント法則の成り立つコンクリートは、プラスチックでウオーカブルでなければならぬからである。そして、水セメント比をもととして プラスチックでウオーカブルなコンクリートの配合設計をすようになつてきた。

Abrams が、水セメント比法則を發表した時代には、振動締固めは発達していなかつたし、AE コンクリートもなかつた。また、Abrams は、粗骨材の最大寸法が 15 cm というようなコンクリートについては実験しなかつた。しかし、近來、振動締固めや AE コンクリートが用いられるようになり、ダムのようなマス コンクリートでは 粗骨材の最大寸法を 15 cm とし、相当 かた練りのコンクリートが有利に使用できるようになつてきた。また、コンクリート舗装の場合にも、できるだけ かた練りコンクリートを用いるのが適當であることが 再び唱えられてきた。それでダムや道路の場合には、いわゆるプラスチックでウオーカブルでない かた練りコンクリートの時代が再びきている。プラスチックでウオーカブルでないコンクリートにたいして 水セメント比法則が成り立たないことは Abrams が、いつているとおりでである。用いるコンクリートのコンシステンシーの範囲が非常に大きくなつた今日、水セメント比をもととして、配合設計をすると 誤りをおこしやすい。

水セメント比は同じでも、スランプ 1 cm のコンクリートとスランプ 15 cm のコンクリートとは、強度においても、耐久性においても、水密性においても、発熱性においても、乾燥収縮においても、すりへりに対する抵抗性においても、材料の分離においても非常

な差がある。また、AE コンクリートの場合、水セメント比をもとにして、配合設計をすることは、理論上からあまりおもしろくない。よつて、水セメント比をもととして、コンクリートの配合設計をする方法は妥当でないと思ふ。

配合設計方法は、コンクリートが安全に打てる範囲で、できるだけ単位水量の小さい骨材の配合をきめること、つぎに、所要の品質をえるに必要な単位セメント量を、試験によつて定めることに帰する。それで配合設計方法は、水セメント比をもととする設計方法によらず、単位水量をもととする設計方法によるのが適當であると信ずる。

配合設計は、現場でこれを行うのが適當だということになつてきた。実験室で設計した配合は、現場で配合設計をするときのよい参考となるが、現場ではこれを修正しなければならない。実験室では現場における同じようなコンクリートの取扱いおよび締固めをして、コンクリートを造ることができないからである。

実験室で行つた配合設計を、現場で修正する手数をなるべく少なくするため、実験室の配合設計においてもミキサを用いるようになってきた。

(6) 練り混ぜ コンクリートのミキシングのことを、先輩は、でつこんと訳した。大変適當な訳語であるが、漢字がむづかしいといふので、混合ということになつた。しかし、混合では、どうも ものたりないので、練り混ぜということになつた。

昨今ようやく、バッチャーの使用が盛んになつてきた。なぜそうおけていたのであるか、反省を要するところである。

AE 剤やボゾランを用いて、水、およびセメントの使用量を少なくするようになったので、コンクリートの練り混ぜは、以前よりも大分むづかしくなつてきた。プラスチックなコンクリートの練り混ぜにたいして設計したミキサは、あらあらしい かた練りのコンクリートの練り混ぜに適しない。それは、あらあらしい かた練りコンクリートは、プラスチック コンクリートのように ミキサ内を一端から他端に自由に移動しないからである。低速度の映画が、練り混ぜの研究を助けた。

始めて造られたミキサは、立方型と思われるが、それから円筒型、円すい型をへて、今日は 可傾式のたる型ミキサが多く用いられるようになった。

プレストレスト コンクリートに用いられる富配合で、ねばり気の大きいコンクリートの ような場合には、材料を入れる胴を回転するよりも中の羽根を回転する方が好結果がえられるので、この種のミキサがで

きてきた。

連続式のミキサは、効率はよいが、均等性のコンクリートを造るに適しないとして、現在はバッチミキサの使用が規定されている。しかし、2室のミキサもできており、再び連続式に近いミキサが発達するのではないかと考えられる。

ミキサに材料を投入する順序について、今日まで研究がつづけられ、たくさんの報告があるが、これらの研究の結果は、大分異なっている。例えば、水の入れ方にしても、水を最初に入れるのがよいとするもの、初めに一部の水を入れ、他の材料とともに水を入れ他の材料の投入を終つたのちに、まだ残っている水を入れるようにするのがよいとするもの、最後に水を入れるのがよいとするもの、等があるようなものである。セメントの種類、配合、ミキサの構造、回転速度、練り混ぜ時間、等によつて適当な、材料投入順序が異なるようである。よつて、適当な材料投入の順序は、現場で試験して、これをきめるより仕方がないことになる。

コンクリートの練り混ぜ時間を長くするのは、コンクリートのウオーカビリチーをよくする上からも、よいことである。しかし、骨材が比較的もろいものである場合、長く練り混ぜるとコンクリートの品質が悪くなる。高いところから材料が落下することのないミキサを選ぶ必要がある。

AEコンクリートの場合には、空気が混入できるため、長く練り混ぜる必要があることも事実であり、長く練り混ぜると、空気がにげて空気量がへることも事実である。

餅屋は、餅屋という語がある。それで、レデーミックストコンクリートが使用できる場合には、一般に、これを用いるのがよい。しかし、コンクリート技術者は、自分が餅屋であつて、便宜上、餅屋にたのむのであることを忘れてはならない。

(7) コンクリート打ち コンクリート運搬用の手押車は、鉄のタイヤのものから、空気のタイヤのものになり、エンジンで動く運搬車も用いられるようになってきている。

昔、広く用いられたシュートは、今日、一般に、使用が禁じられるようになってきた。

ベルトコンベヤーもコンクリートの運搬にはあまり用いられなくなつてきている。

今日のところ、コンクリートポンプとバケットによる運搬とが、最もよい運搬方法であると考えられている。

コンクリートの取扱いは、ドロップシステム(Drop

system)によることになつてきている。

スリップフォーム(Slip-form)を用いて、サイロ、その他を造るときには、これらができ上がるまで、連続してコンクリートを打たなければならない。しかし、ダムのような場合には、1リフトを打つたら、一定期間のコンクリート打ちを中止しなければならない。コンクリートが十分落ちつくまでは、コンクリート打ちを中止しなければならない場合もある。

壁のコンクリートは、鉛直な型わくの中にコンクリートを打つのが普通であるが、水平位置にある版としてコンクリートを打ち、その版を鉛直におこして壁を造ることもできる。

建物の床版は、支柱で支えた型わくの上、コンクリートを打つて造るのが普通であるが、最下層の床版の上で造つてこれを上に引き上げてできる。

打継目の処理には、硬化前処理方法または硬化後処理方法が用いられたが、湿砂吹き付け工法の進歩により、近來は、硬化後処理方法が、一般に、用いられるようになった。

締固めは、十分でなければならないが、過度であつてはならないということは、ほんとうである。しかし、振動締固めの場合には、過度にならないように注意するよりも、不十分でないように注意することの方が大切である。この場合“すぎたるは及ばざるにまされり”である。

振動機は、振動数が7000rpm以上のものがよいとされている。電気の振動機がよいか、空気の振動機がよいかについて、電気振動機の特長は、所定の振動機のときだけに振動機が働らくようにすることができることであり、空気振動機の最大の欠点は、気圧が下がつて、所定の振動数がでないときにも働らくことであると考えるようになってきている。

各種の場合に、再振動を与えるようになってきた。

低温度のときに、コンクリートを打つて、コンクリートが凍結すれば、害をうける。あたたかいときにコンクリートを打てば、コンクリートは早く硬化する。しかし、あたたかいときに打つたコンクリートは、寒いときに打つたコンクリートよりもひびわれが easy。

昔は、なるべく低温度におけるコンクリートの施工をさけた。しかし、現在は、寒中コンクリートの施工を特にさけるにはおよばないようになってきている。

ダムのようなマスコンクリートの場合には、コンクリートが凍結しないかぎり、低温度でコンクリートを打つほど品質のよいコンクリートができる。暑い時期に、材料のプリクーリング(Precooling)の大切

な理由もここにある。

(8) 養生 散水その他の湿潤養生によつて、コンクリート体全体の品質がよくなると考えていた時代もあつたが、今日は、湿潤養生の効果は、コンクリート表面の乾燥を防いで表面コンクリートの品質をよくし、ひびわれの発生を少なくすることにあることがわかつている。特種の構造物にたいし膜養生が湿潤養生と同じ結果を与える理由はここにある。

適当な初期養生は、舗装のように、はげしい気象作用をうけるコンクリートにたいして特に必要であることはほとんどであるが、気象の作用にたいして、十分保護されたコンクリートにたいして特に必要である場合もある。

強度および耐久性の大きいコンクリートを造るためには、十分水を与えて養生しなければならないことはほとんどであるが、コンクリートを打つてから真空、吸水性型わく、その他によつて、できるだけコンクリートの中の水を吸い出すのがよいこともほとんどである。

コンクリートを水につけておくと、強度の増進が大きいことはほとんどであるが、コンクリートが水にとけて弱くなることも事実である。

湿潤養生は、長いほどよいこともほとんどであるが、AEコンクリートの場合には、長いと耐久性が悪くなることもある。

高温度におけるコンクリート打ちは、望ましくないが、65°C くらいまでの低圧蒸気養生をすれば、早期強度が高くなり、コンクリートの品質も、あまり悪くならない。

65°C 以上の低圧蒸気養生は、一般に、コンクリートに有害であるが、高圧蒸気養生をすれば、150°~200°C の高温度で、早期高強度で、しかも品質のよいコンクリートがえられる。

(9) 型わく 均等質のよいコンクリート表面をえるためには、鋼のせき板がよいこともほんとうであるが、空気を吸収する成分、粗なせき板の方がもつとよいこともほんとうである。

型わくは、一般に、事情の許すかぎり、早く取りはずさないのがよいとされている。しかし、ラーメン、アーチなどの場合のように、事情の許すかぎり早く型わくを取りはずすのがよい場合もある。また、約 60 cm 以上も厚さのある壁またはマスコンクリートの場合には、できれば材令 1 日くらいで、型わくを取りはずすのがよい。もし、コンクリートの温度が最高値に達したのちに型わくを取りはずすならば、なるべく長時間たつたのちに型わくを取りはずす必要があ

る。

せき板は、長く存置しただけでは、湿潤養生の目的を達するのに十分でない。

(10) 表面仕上げ コンクリートの施工における一切の努力は、コンクリート材料の分離を防ぐことにあるともいえる。しかし、もし、材料の分離がなかつたらコンクリートの表面仕上げはできない。

一生懸命に、こてかけをすると、どうしても過度になりやすい。この場合には、“及ばざるはすぎたるよりまされり”である。

ポルトランドセメントの天じよう仕上げは、最近まで、できなかつたが、できるようになつたことは最近の大発見の一つである。

ショットクリートは、非常に便利なものであるが、これが全く不適当なこともある。この場合モルタルガンが好結果を与えることもある。

(11) コンクリート舗装 コンクリート舗装の横断面については、均等の厚さを用いること、中央を厚くすること、縁を厚くすること等が試みられたが、現今は、また、均等の厚さの時代に返つたように思われる。

舗装の目地は、収縮膨脹目地を 10 m 内外の間隔に設けるのが普通の時代もあつたが、収縮目地と膨脹目地とを分けて造るようになってから、膨脹目地の間隔をだんだん大きくするようになり、膨脹目地を設けない場合もある。

コンクリート舗装の破損の原因について、非常な研究が行われ、温度変化による版のそりがおもな原因であるといい、水分の変化による版のそりがおもな原因であるといい、コンクリートの疲労によるものであるといわれたが、今日は、おもな原因は、路盤の排水の不完全にあるというごく昔からわかっている結論に返つている。しかし、路盤の排水について、実用的で経済的な一般的方法は、まだわかっていない。

コンクリート舗装用のコンクリートを造るためには、中庸熱セメントを用いるのがよいとする人が多くなつてきた。

舗装コンクリートの養生期間を短くするのが今日一般の傾向である。24 時間初期養生をすれば、その後、全く養生しないで、普通の湿潤養生をした場合にくらべて、コンクリートの強度が 15% 低いくらいだけだという実験報告もある。

(12) ダム ダムに働らく外力の研究が進むにつれて、一時、重力ダムの断面が、だんだん大きくなる傾向にあつたが、近來は、いくぶん小さくなる傾向にある。

重力ダムを、2次元に取扱えば、普通の計算上、コンクリートに引張応力がおこらないように断面をきめることは容易であるが、3次元に取り扱えば、引張応力の起るのは当然である。どれだけの引張応力を許すのが最適であるかについては、今後の研究にまたなければならぬ。

ダム コンクリートの施工については、コンクリートの発熱による最大上昇温度をできるだけ小さくすることに努力するようになってきた。そして、ブロックの大きさを従来の15m平方よりも大分大きくするのが近來の傾向である。

監査廊は、昔、鉄筋で補強しなかつたが、弾性理論で応力計算をして多量の鉄筋で補強するようになり、近來は、塑性理論で応力計算をすると、鉄筋は、不要であることがわかつた。しかし、温度変化にたいする安全のために、従来の1/3くらいの鉄筋を用いるのが普通になつてきた。

昔は、重力ダムを造るのに、巨石コンクリートも用いられたが、現在は、ほとんど用いられなくなつてきた。しかし、再び巨石コンクリートの時代がくるのは、そう遠くないように思われる。

近來、アーチダムが日本でも造られるようになってきた。今日まで造られなかつたのは、なぜであろうか。

ダムにおけるプレストレッシングの応用は、いつから始まるであろうか。

(13) 特種コンクリート 軽量コンクリートの強度が、大体その単位重量に比例するという事は、ほとんどである。しかし、軽量コンクリートで、砂、砂利コンクリートに劣らない強度のコンクリートもできている。

高強度の軽量コンクリートにプレストレッシングを応用すれば、普通の鉄筋コンクリートはりの重量の約40%で同じ強さのプレストレストコンクリートはりを造ることができる。

骨材の中に、グラウトを注入してコンクリートを造ることは、決して新しいことではない。しかし、フライアッシュ、アルミニウム粉末、および特種の材料の使用により、流動性がよく、材料の分離が少なく、膨脹性のグラウトができたので、プレパクトコンクリートが発達した。

(14) コンクリートの修繕 修繕および改善の困難なことが、コンクリートまたは鉄筋コンクリートの欠点であるとされてきた。しかし、現在は、修繕改造の容易なことが、利点であると考えられるようになってきた。コンクリートの性質が、よくわかつてきたこと

と、機械の進歩との賜である。

(15) 均等性のコンクリートを造ること、現場管理および試験 均等性のコンクリートを造ることが大切であることは、昔からわかつていたが、均等性のコンクリートを造るためにすべての作業をできるだけ機械化するようになったのは、比較的近年のことである。

均等性のコンクリートを造るために、現場管理が発達してきた。始めは、圧縮強度の現場管理が行われ、ついで、材料および各種の作業について、管理が行われるようになってきた。しかし、各種の管理の結果を整理してコンクリートの均等性に関する標準偏差を、どうして求めるかについては、今後の研究にまたなければならぬ。

ウオーカビリティーの試験方法については、ずいぶん研究されたが、まだ、満足な試験方法ができていない。しかし、スランプ試験、レモルゼン試験、ブリーディング試験等によつて、ウオーカビリティーを以前よりもよほどよく試験することができるようになつてきた。

固まつたコンクリートについては、引張強度係数試験、各種の動弾性試験、固まつたAEコンクリートの空気量試験等が行われるようになってきた。

SR-4ひずみ計により、コンクリートのひずみを正確に測定できるようになつてきた。

ひずみを測定しても、応力が正確にわからないダムのような場合にたいして、応力度計もできている。

実験室におけるコンクリートの試験方法は発達しているが、その結果をただちに実際の構造物におけるコンクリートに应用することの適当でないことが一般に認められるようになり、コンクリートに関する試験は、実験室の試験から、実際の構造物におけるコンクリートの試験に移る傾向にある。

(16) コンクリートの性質 コンクリートの性質は、セメントと骨材との比によつて異なるともいえるし、水セメント比によつて異なるともいえるし、セメントと空げきとの比によつて異なるともいえるし、単位水量によつて異なるともいえる。

打つてすぐ凍結したコンクリートは、のちに適当な温度で養生すれば、その終極の強度は、凍結しなかつたものと大差ないが、打つて2~3日たつて凍結すれば、凍結によつてひどく害をうける。

固まつたコンクリートは、数回の凍結融解の繰返しをうけても、ひどく害をうけないが、水で飽和しているコンクリートは、数回の凍結融解の繰返しで、ひどく害をうけることがある。

乾いているコンクリートを水につけると、一時強度がへるが、長くつけておくと強度が大きくなる。

気乾状態のコンクリートを乾燥器で乾かすと強度がへる。

水セメント比を一定にするとコンクリートは、モルタルよりも強度が低い、水セメント比とスランプとを一定にすると、コンクリートは、モルタルよりも強い。

コンクリートは鉄筋で補強すると強くすることができるが、鉄筋を用いたためにひびわれ、分壊を促進することがある。

鉄筋コンクリートの場合には、高強度のコンクリートが、経済的に使用できないが、プレストレストコンクリートの場合には、コンクリートの圧縮強度が 700 kg/cm^2 でも 1000 kg/cm^2 でも、高いほど有利である。

現在、土木学会の標準方書(鉄筋)では、コンクリートの許容圧縮強度を $\sigma_{cs}/3$ または 70 kg/cm^2 以下と規定しているが、アメリカコンクリート協会の標準方書(1951)では、 $\sigma_{cs} \times 0.45$ と規定し、最大値を規定していない。

鉄筋コンクリートにおけるコンクリートと鋼との付着強度については、大分明らかになつてきたが、プレストレストコンクリートにおけるコンクリートと鋼との付着強度については、まだ一向にわかつていない。

鉄筋に、セメントペーストを塗ることは、塗り方がよければ、付着強度を増加する。

異形丸鋼は、発明されてから、約40年後になつて有効なものが出てきた。そして、丸鋼にたいする許容付着強度の2.22倍の許容応力度を用いるようになった。

III. 結 び

今は、人類に関するすべてのことが、きわめて急激に移り変つている時代であるが、コンクリートに関する移り変りは、ごくじみで比較的小さいように思われる。そして、コンクリートが、移り変つていながらも、われわれが移り変つていながらも考えられる。

以上にのべたコンクリートに関するみかけのむじゆんは、紙を表からみるか、裏からみるかによつて、紙の性質が異なるように見えるのに似ている。どれがほ

んとうだとか、うそだとかいうと、おかしなことになる。

例外があるからこそ、規則が成り立つのである。上述した、みかけ上むじゆんする事項のうちのどれを規則とするかは、場合によることである。真に大用規前不存規則である。よいコンクリートも、セメント水、骨材を練り混ぜたものであり、悪いコンクリートもセメント、水、骨材を練り混ぜたものである。両者の差は、コンクリートについての知識と施工についての正直親切の程度の差からおこるのである。よつて、よいコンクリートを造るには、セメント、水および骨材のほかに、知識と正直親切を加えなければならないことになる。

コンクリートに関するわれわれの知識は、ふえてきたが、最も大切な材料であるセメントでさえ、まだ、われわれの希望を満足していない。ボゾランの使用、AEコンクリートにおける空気量の管理、骨材の科学的な選択および粒度、有効な練り混ぜ方法、高強度のコンクリートを安価に造る方法、水爆にたいする保護として用いるための実用的な重量の特に大きいコンクリートを造ること、収縮、発熱の少ないコンクリートを造ること、ひびわれを正確にはかる容易な方法、ひびわれが耐久性におよぼす影響、プレストレストコンクリートの理論および施工における各種の困難に打ち勝つ方法等、等、数えあげればいくらでも、われわれ土木技術者の研究をまつていることが山積している。これからの一層の研究が必要であることは申すまでもない。しかし、これと同時に、どういふコンクリートを造つたら、人類の役に立つか、コンクリートを人類の役に立たせるには、どういふ風にすればよいかということの研究も大切であつて、これによつて、人文学者がわれわれ自然科学者を、“ある目の大きさの網でとつた魚について魚はこんなものだと論定した者だ”といった批判に抗議することができると思えられる。

今までのべたコンクリート技術の移り変り、あるいは、コンクリート技術者の移り変り、が、若い会員諸君の今後の道しるべともならば、私の幸甚とするところである。

